



⑲ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 20 419 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
H 04 R 17/00
// G01F 23/296

②① Aktenzeichen: 198 20 419.1
②② Anmeldetag: 7. 5. 98
④③ Offenlegungstag: 18. 11. 99

DE 198 20 419 A 1

⑦① Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦④ Vertreter:
Gagel, R., Dipl.-Phys.Univ. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,
81241 München

⑦② Erfinder:
Hahn, Thomas, Dipl.-Ing., 66386 St Ingbert, DE;
Molitor, Matthias, Dipl.-Ing. (FH), 66299
Friedrichsthal, DE; Trautmann, Thomas, 66440
Blieskastel, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 1 95 38 696 A1
US 54 77 729
JP 64-41 885 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Ultraschallwandler

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen Ultraschallwandler, wie er beispielsweise in Füllstandsmeßgeräten zur Messung des Füllstandes einer Flüssigkeit in offenen oder geschlossenen Behältnissen eingesetzt werden kann.
Der erfindungsgemäße Ultraschallwandler umfaßt eine piezoelektrische Scheibe in einer Halterung. Auf der vorderseitigen (abstrahlenden) Oberfläche der piezoelektrischen Scheibe ist eine Ankoppelschicht für Ultraschall fest aufgebracht, beispielsweise aufgegossen. Diese Ankoppelschicht besteht aus einem elastischen Material, dessen Elastizität ein Anschmiegen der Ankoppelschicht an eine Meßobjektoberfläche ermöglicht, wenn der Ultraschallwandler gegen die Meßobjektoberfläche gedrückt wird.

Der erfindungsgemäße Ultraschallwandler erlaubt in vorteilhafter Weise eine hilfsstofffreie, beliebig wechselbare, akustische Ankopplung an Meßobjekte.

DE 198 20 419 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Ultraschallwandler, wie er beispielsweise in Füllstandsmeßgeräten zur Messung des Füllstandes einer Flüssigkeit in offenen oder geschlossenen Behältnissen eingesetzt werden kann.

Bei der Anwendung von Ultraschall ist es erforderlich, den in einem elektromechanischen Wandler erzeugten Ultraschall in das Ausbreitungsmedium einzukoppeln. Für viele technische Applikationen, insbesondere die Durchflußmessung oder die Füllstandmessung muß der Schall durch eine Behälterwand in dessen gefüllten Innenraum geleitet werden.

Im Stand der Technik erfolgt dies durch kraftschlüssiges Ankleben des Ultraschallsensors an die Behälterwand oder durch eine Klemmverbindung unterstützt durch Koppelmittel wie Fett oder Gel.

Insbesondere bei Meßeinrichtungen mit häufigem Wechsel des Meßobjektes ist das Ankleben des Sensors jedoch nicht möglich. Auch bei starken mechanischen Spannungen zwischen Ultraschallsensor und Meßobjekt, beispielsweise aufgrund von Temperaturunterschieden, oder bei undefinierten Meßobjektoberflächen versagt diese Ankoppelmethode. Das Anklemmen in Verbindung mit dem zusätzlichen Aufbringen von Fett oder Gel als Koppelmittel ist sehr umständlich.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Ultraschallwandler bereitzustellen, der die obigen Probleme vermeidet, so daß ohne zusätzlich bereitzustellende Hilfsstoffe eine zuverlässige Ankopplung an unterschiedlich geformte Meßobjektoberflächen ermöglicht und ein schneller Wechsel der Meßobjekte realisiert werden kann.

Die Erfindung wird mit dem Ultraschallwandler gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Sensors sind Gegenstand der Unteransprüche.

Der erfindungsgemäße Ultraschallwandler umfaßt eine piezoelektrische Scheibe in einer Halterung. Auf der vorderseitigen (abstrahlenden) Oberfläche der piezoelektrischen Scheibe ist eine Ankoppelschicht für Ultraschall fest aufgebracht, beispielsweise aufgegossen. Diese Ankoppelschicht besteht aus einem elastischen Material, dessen Elastizität ein Anschmiegen der Ankoppelschicht an eine Meßobjektoberfläche ermöglicht, wenn der Ultraschallwandler gegen die Meßobjektoberfläche gedrückt wird.

Für die Wahl des Materials ist wichtig, daß dieses fest an der Oberfläche der piezokeramischen Scheibe haftet, jedoch nicht an der Meßobjektoberfläche, die in der Regel aus Metall besteht. Das Material der Ankoppelschicht sollte eine möglichst glatte Oberfläche bilden. Weiterhin muß die akustische Impedanz des Materials ausreichend niedrig sein, um bei gegebener Dicke die Messung noch zu ermöglichen. Die Elastizität muß das Anschmiegen des Koppelkissens an die Meßobjektoberfläche bei Ausübung einer entsprechenden Andruckkraft ermöglichen, so daß die Ultraschallwellen ohne große Verluste oder Reflexionen in das Meßobjekt eingekoppelt werden können.

Die Ankoppelschicht besteht vorzugsweise aus einem elastischen Polymer (z. B. PU oder Silikon) mit geringer akustischer Impedanz, d. h. einer akustischen Impedanz unterhalb von $4 \cdot 10^6 \text{ kg/(m}^2\text{s)}$ (entspricht 4 MRayl).

Der Ultraschallwandler besteht beispielsweise aus einer piezokeramischen Scheibe, die rückwärtig durch einen schallschwächenden Verguß bedämpft, und frontseitig mit der Ankoppelschicht (im folgenden auch als Koppelkissen bezeichnet) versehen ist.

Durch den Einsatz des erfindungsgemäßen Wandlers in Verbindung mit einer federnden Anpressung des Wandlers an die Meßobjektoberfläche werden folgende Vorteile er-

reicht:

Unebenheiten (Farbtropfen, Rost, Kratzer) auf der Oberfläche des Meßobjektes können durch die elastischen Eigenschaften des Koppelkissens in Verbindung mit einem definierten Anpreßdruck des Wandlers an die Oberfläche ausgeglichen werden. Entsprechendes gilt für Welligkeiten (konkave, konvexe Form) auf der Meßobjektoberfläche oder eine gekrümmte Form der Meßobjektoberfläche selbst. Dies führt zu einer lageunabhängigen Ankopplungsmöglichkeit.

Der erfindungsgemäße Ultraschallwandler ermöglicht ohne Zusatz- bzw. Hilfsstoffe eine beliebig häufig lösbare akustische Verbindung des Wandlers mit der Meßobjektwand (Trockenankopplung).

Durch das Koppelkissen wird zudem eine hohe Abriebfestigkeit der Wandleroberfläche und damit Verschleißfestigkeit des Wandlers erreicht.

Das Koppelkissen bewirkt eine mechanische Entkopplung gegen Stöße beim Ansetzen des Wandlers an die Meßobjektoberfläche, beispielsweise beim Aufsetzen des Behälters auf den Wandler, und verbessert damit dessen mechanischen Schutz durch stoßdämpfendes Verhalten des Elastomeres.

Da keine starre Verbindung zwischen der Wandleroberfläche und der Meßobjektoberfläche hergestellt wird, eignet sich der Wandler für große Temperaturbereiche oder hohe Temperaturdifferenzen zwischen Wandler und Meßobjektwand.

In einer bevorzugten Ausführungsform kann der Wandler durch eine Vergußkapselung die Anforderungen an Explosions-Schutzfähigkeit erfüllen (mögliche Funkenbildung im Innern kommt nicht in Kontakt mit der Außenatmosphäre) und bietet weiterhin einen guten Staub- sowie Feuchtigkeitsschutz.

Durch Wahl der abschallenden Fläche ist die Beeinflussung des abgestrahlten Schallfeldes und damit die Ausblendung von Reflexionen an Meßobjekten möglich. Der erfindungsgemäße Ultraschallwandler wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung nochmals erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch ein Beispiel für den Aufbau des Wandlers. Das wesentliche Merkmal des Ultraschallwandlers besteht hierbei in der elastischen Ankoppelschicht 1 (Koppelkissen) auf der abstrahlenden Oberfläche der piezokeramischen Scheibe 2. Die piezokeramische Scheibe 2 ist in einem Gehäuse 3 gehalten, das mit einem schalldämpfenden Material 4 aufgefüllt ist. Die auf der piezokeramischen Scheibe aufgebrachten Elektroden sind in der Figur ebenso wenig dargestellt wie die elektrische Kontaktierung des Wandlers. Diese können entsprechend dem Stand der Technik ausgeführt sein und haben keinen Einfluß auf die erfindungsgemäße Lehre.

Die Ankoppelschicht ist in der Figur konvex ausgeführt, wobei deren Dicke in diesem Beispiel in der Mitte ca. 3 mm und am Rand ca. 2 mm beträgt. Als Material für die Ankoppelschicht kann beispielsweise ALBIPOL F-1515/3 der Firma Hause Chemie eingesetzt werden, das die oben angeführten Materialanforderungen erfüllt. Selbstverständlich lassen sich auch andere Materialien finden, die die entsprechenden elastischen Eigenschaften bei geringer akustischer Impedanz aufweisen.

Als Füllmaterial 4 für die rückseitige Bedämpfung kann beispielsweise PU-Schaum eingesetzt werden. Auch PU mit Füllstoffen (insbesondere aus Aluminiumoxid), wie es beim Verguß von Elektronikbauteilen verwendet wird, zeigt gute Eigenschaften.

Ein besonderer Faktor bei der Konstruktion des Wandlers ist die Gestaltung der Koppelkissengeometrie. Insbesondere durch die zusätzliche Strukturierung der Oberfläche des

Koppelkissens kann in Verbindung mit einem entsprechenden Anpreßdruck eine Verminderung von störenden Oberflächenwellen erreicht werden.

Diese Oberflächenwellen entstehen vorzugsweise in dünnwandigen Behälterwänden und verhindern eine genaue Echodetektion in wandnahen Bereichen.

Zur Vermeidung dieser Störungen kann beispielsweise eine konvexe Koppelkissenoberfläche mit konzentrischen, matrixförmigen und/oder radialen Rillen oder mit einzelnen Erhebungen eingesetzt werden. Die Tiefe dieser Rillen oder Erhebungen beträgt hierbei vorzugsweise maximal etwa die Hälfte der maximalen Dicke der Ankoppelschicht.

Die Dicke der Ankoppelschicht ist einerseits nach oben durch das Entstehen von Oberflächenwellen begrenzt, die mit zunehmender Dicke der Schicht verstärkt auftreten, andererseits nach unten durch die Stärke der Welligkeit, der Oberflächenform oder der Unebenheiten auf der Meßobjektoberfläche, die durch die Ankoppelschicht ausgeglichen werden müssen.

Der erfindungsgemäße Ultraschallwandler erlaubt in vorteilhafter Weise eine hilfsstofffreie, beliebig wechselbare, akustische Ankopplung an Meßobjekte.

Patentansprüche

1. Ultraschallwandler mit einer piezoelektrischen Scheibe, die in einer Halterung angeordnet ist, wobei eine erste, vorderseitige Oberfläche der piezoelektrischen Scheibe eine Ankoppelschicht für Ultraschall aufweist, die fest mit der ersten Oberfläche verbunden ist und aus einem elastischen Material besteht, so daß sich die Ankoppelschicht beim Aaspressen an eine Meßobjektoberfläche an die Meßobjektoberfläche anschmiegt.
2. Ultraschallwandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das elastische Material ein elastisches Polymer mit einer akustischen Impedanz unterhalb von $4 \cdot 10^6 \text{ kg/(m}^2\text{s)}$ ist.
3. Ultraschallwandler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankoppelschicht eine konvexe Oberflächenform aufweist.
4. Ultraschallwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankoppelschicht eine strukturierte Oberfläche aufweist.
5. Ultraschallwandler nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der Ankoppelschicht konzentrische Ringe, matrixförmige und/oder radiale Rillen oder einzelne Erhebungen aufweist.
6. Ultraschallwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankoppelschicht auf die piezoelektrische Scheibe aufgegossen ist.
7. Ultraschallwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrische Scheibe eine Piezokeramik ist.
8. Ultraschallwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Halterung ein zylinderförmiges Gehäuse aus einem schallschwächenden Verguß ist, dessen vorderseitige Öffnung durch die piezoelektrische Scheibe verschlossen wird, und in dessen rückseitige Öffnung ein schalldämpfender Füllstoff eingefüllt ist.
9. Anordnung, bei der die Ankoppelschicht eines Ultraschallwandlers nach einem der Ansprüche 1 bis 8 über ein Anpreßelement an die Oberfläche eines Meßobjektes angepreßt wird.

Fig. 1

